1П

УДК 004:007:51-7

Ю.А. Прокопчук
Институт технической механики НАНУ и ГКАУ, Украина
Украина, 49005, г. Днепропетровск, ул. Лешко-Попеля 15
Украинский государственный химико-технологический университет
Украина, 49005, г. Днепропетровск, пр. Гагарина 8

Модели мира, поведения и взаимодействия когнитивных агентов

Y.A. Prokopchuk
Institute of Technical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine
Ukraine, 49005, Dnipropetrovsk, 15 Leshko-Popel St.
Ukrainian State University of Chemical Engineering
Ukraine, 49005, Dnipropetrovsk, 8 Gagarin Av

World and cognitive agent behavior and interaction models

Ю.О. Прокопчук
Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ, Україна
Україна, 49005, м. Дніпропетровськ, вул. Лешко-Попеля, 15
Український державний хіміко-технологічний університет
Україна, 49005, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна 8

Моделі миру, поведінки та взаємодії когнітивних агентів

В статье приводится формализация сложной диалектики процессуальных и результативных аспектов рефлексии в ходе самоидентификации субъекта или агента. Описан процесс самоорганизации предельных моделей знаний и функциональных систем, лежащих в основе моделей мира и собственного поведения. Рассмотрена специфика взаимодействия в рамках рефлексивной группы.
Ключевые слова: когнитивные агенты, модели мира, собственное поведение,
парадигма предельных обобщений, рефлексивная группа, эпистемология.

This paper formalizes the complex dialectics of the processsual and resultative aspects of reflection in the course of self-identification of a subject or an agent. A macrocognitive model of reflexive control on the basis of a limiting generalization paradigm is constructed. The features of interaction within a reflexive group are described.
Key words: cognitive agents, world model, eigenbehavior, paradigm of limiting generalizations,
reflective group, epistemology.

Наводиться формалізація складної діалектики процесуальних та результативних аспектів рефлексії в ході самоідентифікації суб'єкта або агента. Описаний процес самоорганізації граничних моделей знань і функціональних систем, що лежать в основі моделей світу і власної поведінки. Розглянуто специфіку взаємодії в рамках рефлексивної групи.
Ключові слова: когнітивні агенти, моделі світу, власна поведінка,
парадигма граничних узагальнень, рефлексивна група, епістемологія.

Введение

Основатель кибернетики второго порядка (кибернетики наблюдателя) Гейнц фон Фёрстер (von Foerster) показал [1], что в повторяющемся процессе рекурсивно

организованных сенсомоторных актов различения, взаимных возмущений и реакций на возмущения возникают инварианты во взаимоотношениях адаптивных сложных систем с внешней средой. Он назвал подобные инварианты «собственное поведение» (eigenbehavior). Фактически собственное поведение – это неподвижная точка оператора, остающаяся неизменной при его действии (в ходе бесконечного числа рекурсий, выстраиваются «собственные значения» – средства связи элементов системы) [1], [2]. Ясно, что собственное поведение отвечает концепции возникновения [3] и может служить методологической основой описания процессов самоорганизации в открытых развивающихся системах с собственным поведением, к числу которых относятся когнитивные агенты, рефлексивные группы и среды. Концепции «собственного поведения» и возникновения позволяют раскрыть эволюционные механизмы формирования «моделей мира» в процессе деятельности [4-6], имплицитного и эксплицитного опыта [5].

В работах [4-7] показано как для произвольной Z-задачи управления на основе банка тестов $\{G(\tau)\}$ и базы прецедентов $\Omega = \{\alpha(\{\underline{\tau}/T\}, \underline{z}/Z)\}$ (множества ситуаций действительности с известными исходами $z \in Z = \{1,\ldots, N\}$) можно в процессе когнитивной (спонтанной) эволюции сформировать полное множество предельных синдромов $\{S^*\}_{Full}$, а также эквивалентные минимальные модели знаний $\{\{S^*\}_{Full\text{-}Min}\}$. «Материализация» минимальных моделей в виде среды радикалов (автоматных агентов) является важнейшим актом возникновения, который приводит к функциональной системе когнитивно-поведенческого уровня «$\{S^*\}_{Full\text{-}Min}$ – Среда радикалов» (обеспечивающей решение Z-задачи различения, управления) и описывает процесс формирования *имплицитного опыта.*

Z-задачи вместе с тестами формализуют акты различения (дифференциации) [8]. *Акт различения* – это системоквант «мысле-действия» когнитивной системы, базовая функция наблюдателя, поэтому мыслительный многоконтурный процесс можно свести к замкнутым циклам трансформ различений, превращений одних различений (на уровне первичных тестов) в другие (на уровне Z-задач). Для каждой активной Z-задачи создается агент Z-процесса и агент безопасности, отслеживающий качество решения Z-задачи (соответствие стандартам). Агент Z-процесса запускает среду радикалов (функциональную систему, состоящую из автоматных агентов) [4].

Цель работы. На основе парадигмы предельных обобщений [4-7] необходимо построить макрокогнитивную модель, описывающую процесс формирования «модели мира» и «собственного поведения» субъекта/агента. Построенные модели должны демонстрировать самодвижение, возникновение, процесс неосознанного выделения параметров порядка, формирования критичных (предельных) структур знаний, а также имплицитного опыта. Вторая задача состоит в рассмотрении механизма формирования рефлексивной группы «субъект – агент», которая лежит в основе построения интеллектуальных сред и партнерских систем.

Модель мира и собственного поведения

Множество всех описаний базы прецедентов в рамках произвольной Z-задачи образует орграф набросков $\Omega(Z)$, в котором $\Omega(\{\underline{\tau}/T\},Z)$ – отдельный набросок. Можно также рассмотреть орграф набросков каждого прецедента α, тогда описание $\alpha(\{\underline{\tau}/T\}, \underline{z}/Z)$ – это отдельный набросок, ($\{\underline{\tau}/T\}$ – множество значений тестов). *Контекстом Z-задачи* назовем кортеж $K = \langle\Omega(Z), \{G(\tau)\}\rangle$. Заданием K любой прецедент *погружается* в контекст K. Пусть $\{\tau\}$ – полный набор тестов в рамках Банка тестов $\{G(\tau)\}$.

Идеальной закономерностью V в рамках контекста K называется произвольная совокупность значений тестов, позволяющая однозначно установить заключение [5]:

$$V = (\{\underline{a}/A\} \to \underline{z}/Z), \exists \alpha(\{\underline{\tau}/T\}_\alpha, \underline{z}/Z) \in \Omega(Z): \{\underline{a}/A\} \subseteq \{\underline{\tau}/T\}_\alpha. \quad (1)$$

Компактная запись: $V(\{\underline{a}/A\}, \underline{z}/Z)$. «Идеальность» закономерности вытекает из субъективного характера банка тестов. Закономерность является разновидностью системопаттерна и примером *слабой связи*. Ее можно трактовать как когнитивный условный рефлекс. Идеальные закономерности связывают не только орграфы доменов, но также орграфы значений и орграфы набросков [5]. Применение закономерности к любой ситуации α, не входящей в $\Omega(Z)$, является по своей сути *переносом*. Важно также отметить, что закономерности $V(\{\underline{a}/A\}, \underline{z}/Z)$ реализуют *голографический принцип* системной организации процессов жизнедеятельности, в частности процессов распознавания и управления. Действительно, по фрагменту данных $\{\underline{a}/A\}_V$ восстанавливается целостный образ $(\underline{z}/Z)_V$.

Формальным синдромом S (или просто *синдромом*) в рамках контекста K называется неизбыточная идеальная закономерность. Другими словами, ни один тест из описания $S(\{\underline{a}/A\}, \underline{z}/Z)$ убрать нельзя без потери однозначности заключения. *Предельным синдромом* S^* в рамках контекста K называется синдром, у которого отсутствуют доминирующие закономерности. Некоторые предельные синдромы могут претендовать на роль *параметров порядка* для группы ситуаций $\{\alpha(\underline{z}/Z)\}$.

Предельные синдромы, выступающие в качестве параметров порядка, используются для организации целенаправленного поведения (синдромное управление) [4]. Действительно, предельные синдромы S^* обеспечивают как максимальную (предельную) наблюдаемость в задаче различения, так и максимальную управляемость. Степень управляемости (Dc – Degree of controllability) синдрома $S(\{\underline{\tau}/T\}, \underline{z}/Z)$ определяется минимальной степенью управляемости всех входящих тестов, а именно: $Dc(S) = min_{\tau\in S}\{Dc(\underline{\tau}/T)\}$. Выбор синдрома в качестве цели управления по критерию максимальной управляемости происходит в соответствии с выражением:

$$\text{Дано } \{S\},\ \{S\}_U = arg\ max_{S\in\{S\}}\ (min_{\tau\in S}\{Dc(\underline{\tau}/T)\}). \qquad (2)$$

Неоднозначность решения оставляет простор для дальнейшей оптимизации. На практике $Dc(\underline{\tau}/T)$ можно оценивать, например, в баллах от 1 до 10.

Пример Z-задачи: $Z = \{1$ – благоприятный; 2 – неблагоприятный$\}$. Множество $\{S^*\}_{Full}$ представимо в виде: $\{S^*\}_{Full} = \{S^*\}^1 \cup \{S^*\}^2$, где $\{S^*\}^1$ – множество предельных синдромов, отвечающих благоприятному режиму функционирования. Следовательно, управление состоит в синдромной диагностике процесса (ситуации), переводе процесса (ситуации) в благоприятный режим (достижение одного или нескольких целевых синдромов из $\{S^*\}^1$), закреплении благоприятного режима (стабилизация благоприятных синдромов и увеличение их числа) [4], [7].

Предельные модели знаний строятся на основе орграфов набросков образов вида: $Gs(W) = \{P \rightarrow_e P'\}_W$, где W – первичный образ, P, P' – наброски; e – структурная энергия. В частности, $\Omega(Z)$ является орграфом набросков первичной базы прецедентов $\Omega(\{\tau/T_0\}, Z)$. Наброски P имеют разную степень обобщенности. Максимальную степень обобщенности имеют финитные наброски [4], [5].

Множество всех закономерностей в рамках контекста K обозначим $\{V\}_{Full}$, множество всех синдромов обозначим $\{S\}_{Full}$, а множество всех предельных синдромов обозначим $\{S^*\}_{Full}$. Ясно, что $\{S^*\}_{Full} \subseteq \{S\}_{Full} \subseteq \{V\}_{Full}$.

Моделью знаний называется произвольное множество закономерностей $\{V\}$, которое позволяет установить заключение как минимум для каждого прецедента из $\Omega(\{\tau/T_0\}, Z)$. Будем говорить, что модель знаний $\{V'\}$ *доминирует над моделью знаний* $\{V\}$, если она применима к большему числу набросков прецедентов из $\Omega(Z)$, включая и те наброски, к которым применима $\{V\}$. Факт доминирования будем отражать нотацией $\{V'\} > \{V\}$. Будем говорить, что модели знаний $\{V'\}$ и $\{V\}$ *эквивалентны в*

плане доминирования, если они применимы к одному и тому же множеству набросков прецедентов. Факт эквивалентности в плане доминирования будем отражать нотацией $\{V'\} \sim \{V\}$. Если для модели знаний $\{V\}$ не существует доминирующая модель, то будем говорить, что она *недоминируема*. Если между двумя моделями знаний $\{V'\}$ и $\{V\}$ не выполняется отношение доминирования и они не эквивалентны в плане доминирования, то будем говорить, что такие модели знаний *несравнимы между собой в плане доминирования*. Данный факт будем отражать нотацией $\{V'\} >< \{V\}$. Модели знаний $\{V\}_{Full}$, $\{S\}_{Full}$ и $\{S^*\}_{Full}$ недоминируемы и эквивалентны в плане доминирования.

Пусть $\{V\}$ – произвольная модель знаний, тогда сопряженное множество всех минимальных по составу моделей знаний, которые принадлежат $\{V\}$ и эквивалентны по доминированию $\{V\}$, обозначим $\{\{V\}_{Min}\}_{\{V\}}$. Другое обозначение – $\{V\}\downarrow\{\{V\}_{Min}\}$, где «$\downarrow$» – полная *операция локализации* (неполная операция локализации позволяет найти только часть сопряженных моделей) [7].

Элементарной *операцией обобщения* Φ^1 назовем переход $V \to V'$, в котором обобщается значение лишь одного из тестов закономерности V по схеме $A \to A'$. Элементарной *операцией редукции* Φ^2 назовем переход $V \to V'$, при котором исключается один из тестов закономерности V. Пусть $\{\Phi^y\} = \{\Phi^1\}\cup\{\Phi^2\}$.

Когнитивным аналогом оператора Хатчинсона является $\{\Phi^y\}$ [5]: $W(\{V\}) = \{W(V) | V \in \{V\}\}$. Если $W^{\circ n}$ – композиция порядка n оператора W, то последовательность множеств, полученную в результате итерирования $\{V\}$, т.е. $\{\{V\}, W(\{V\}),..., W^{\circ n}(\{V\}), ...\}$, назовем *смысловой орбитой* $\{V\}$. Можно показать [5], что для $\{V\}_0 = \{\{\underline{\tau}/T_0\}_\alpha \to \to (\underline{z}/Z)_\alpha | \ \alpha\in\Omega(\{\tau/T_0\}, Z)\}$:

$$\lim_{n\to\infty} W^{\circ n}(\{V\}_0) = \{S^*\}_{Full}, \ \{V\}_{Full} = \cup_{n=0,1,2,...} W^{\circ n}(\{V\}_0). \quad (3)$$

В физическом плане переход от $\{V\}_n$ к $\{V\}_{n+1}$ реализуется с помощью системо-паттерна вида f/μ: $\{V\}_n$, $e/E \to \{V\}_{n+1}$. Это означает, что на итерации требуются затраты структурной энергии (по Бейтсону – коллатеральной энергии [8]). Такая энергия возникает, в частности, при каждом акте различения или сенсомоторном акте, т.е. при циклическом решении Z-задачи (бытовой, учебной или профессиональной). Модель (3) означает также, что при каждом обращении Z-задача будет решаться на основе другой «*модели мира*».

Опишем рефлексивную петлю в рамках произвольной Z-задачи (*Z-task*). Пусть в интервал времени $n = 0$ фиксирован контекст $K_Z = <\Omega(Z), \{G(\tau)\}>$. *Локальной моделью мира* (Local World Model – LWM) в рамках Z-задачи в n-й интервал времени назовем кортеж (*сборка субъекта/агента*) [7]:

$$\mathrm{LWM}_Z(n) = < K_Z, W^{\circ n}(\{V\}_0), W^{\circ n}(\{V\}_0)\downarrow\{\{V\}_{Min}\}, \mathrm{EB}_Z(n) = \{V\}_{Min}>, \quad (4)$$
$$\{V\}_0 = \{\{\underline{\tau}/T_0\}_\alpha \to (\underline{z}/Z)_\alpha | \ \alpha\in\Omega(\{\tau/T_0\},Z)\},$$

где $\mathrm{EB}_Z(n)$ – текущая активная модель собственного поведения (EigenBehavior), которая ситуативно выбирается из полного набора $W^{\circ n}(\{V\}_0)\downarrow\{\{V\}_{Min}\}$. Для множества $W^{\circ n}(\{V\}_0)$ введем обозначение $\mathrm{XB}_Z(n)$ (eXtended Behavior). Множество $\{\{V\}_{Min}\}$ содержит полный набор вариантов «собственного поведения» когнитивной системы (агента) в n-й интервал времени.

Рефлексивная петля I типа (РП1) при фиксированном контексте K_Z состоит из двух последовательных фаз (механизм «усложнения – редукции»):

1. *Фаза расширения*: $\mathrm{XB}_Z(n+1) = W(\mathrm{XB}_Z(n))$.
2. *Фаза локализации*: а) $\mathrm{XB}_Z(n+1) \downarrow\{\{V\}_{Min}\}$; б) $\mathrm{EB}_Z(n+1) = \{V\}_{Min}$

Графически фазы изображены на рис. 1.

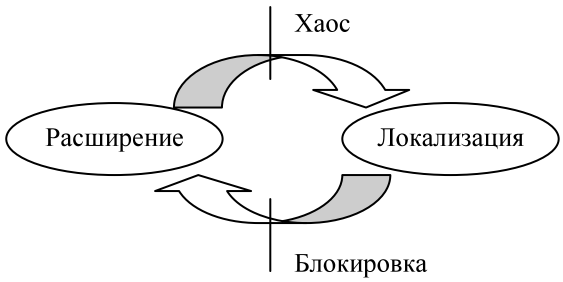


Рисунок 1 – Рефлексивная петля I типа

В основе РП1 лежит допущение о том, что рефлексирующий субъект, реально существующий и реально включенный в предметную деятельность, реально обладает большим объемом психических явлений (осознаваемых и неосознаваемых -ХВ$_Z(n)$), чем образ ситуации, сложившийся у субъекта – ЕВ$_Z(n)$ (входит меньшее психическое содержание, чем в целостного субъекта) [9].

В пределах «собственного поведения» (СП) совершается отбор информации и выбор способов совершения действий (синдромный принцип управления). Эволюционная целесообразность феномена СП определяется стремлением уменьшить энергию при решении задач выбора паттерна различения или поведения (в типичной ситуации). Вместе с тем возникает известный «парадокс опыта». С одной стороны, опыт – это необходимая основа для избежания ошибок, с другой стороны, опыт – это фундаментальный ограничитель креативности.

Рассмотрим основные свойства динамического процесса на основе РП1 [7]. Прежде всего, рекурсивно происходит расширение фазового пространства когнитивной системы (пространства идеальных закономерностей). Процесс локализации при благоприятных условиях (достаточности энергии) имеет естественный предел в виде: ХВ$_Z(\infty)$ =$\{\{S^*\}_{Full\text{-}Min}\}$; ЕВ$_Z(\infty)$ = $\{S^*\}_{Full\text{-}Min}$. Это предельный опыт, который можно достичь при фиксированном контексте K_Z. Устойчивость предельных структур определяется минимумом энергии на операцию выбора (различения, управления). Промежуточный опыт {ЕВ$_Z(n)$} не всегда верный и всегда неполный.

В результате жизнедеятельности агента на вход поступает поток различных Z-задач (распознавания, управления и т.д.). РП1 запускается всякий раз, когда агент не может разрешить Z-задачу с помощью ЕВ$_Z(n)$ (или {ЕВ$_Z(n)$}) для новой ситуации $\alpha(\{\underline{\tau}/T\}_\alpha, z/Z?)$. Отметим, что $\{\underline{\tau}/T\}_\alpha$ может не содержать значений всех тестов и быть высокого уровня обобщения (нечеткости). Завершение текущей РП1 в отведенное время не гарантирует решение задачи. В этом случае нерешенная задача переходит в *банк задач* ВТ = $\cup_Z\{\alpha(\{\underline{\tau}/T\}_\alpha, z/Z?, Ie)\}$ с меткой «нерешенная» и эмоциональным индексом Ie (тест), базовый домен которого принимает значения в интервале $(-\infty, +\infty)$. Как правило, ситуации ресурсного цейтнота имеют значительный негативный эмоциональный индекс. Банк ВТ является частью *глобальной модели мира* агента, символизируя его *ментальный опыт*. Если РП1 не завершена в отведенное время, то задача также помещается в ВТ, а РП1 продолжает выполняться в *фоновом режиме* (с незначительной энергией и неопределенным временем окончания).

Если завершена любая РП1, то в фоновом режиме пересматриваются все задачи из ВТ (в первую очередь пересматриваются задачи с максимальным по модулю эмоциональным индексом). Это *рефлексивная петля II типа* (РП2). Если в фоновом режиме

для какой-либо задачи из ВТ находится (новое) решение, то возникает *инсайт* (озарение) – данная задача получает *фокус внимания*. Поскольку все задачи из ВТ имеют эмоциональный окрас, то РП2, возвращаясь к прошлым задачам с большим эмоциональным индексом, описывает, по сути, перманентное *переживание* (квалитативные состояния) и модификацию прошлого опыта. Это означает, что продуцирование поведения сопровождается *переживаемой в опыте субъективной внутренней жизнью* [8], [9].

Если достигнут предел $XB_Z(\infty)$, но текущая задача или какая-либо Z-задача из ВТ не решена, то запускается корректировка контекста K_Z. Корректировка K_Z запускается всегда, когда появляется фальсифицирующая α. Это *рефлексивная петля III типа* (РП3). В процессе РП3 часть задач из ВТ могут быть включены в соответствующие $\Omega(Z)$. РП4 – метакогниция (когнитивная циркулярность). Или РП3 и РП4 – рефлексии высокого порядка, затрагивающие модель мира (онтологию).

После РП3 всегда запускаются РП2 и РП1. В итоге могут иметь место двойные и тройные (внутренние) рефлексивные петли. Примером двойной петли может служить петля научения К. Арджириса. Важно отметить, что при запуске РП3 дестабилизируется (разрушается) не только текущая собственная модель поведения $EB_Z(n)$, но также $XB_Z(n)$ по всем или многим Z (так как банки тестов разных ментальных многообразий пересекаются), что гораздо более фундаментально, но вместе с тем и опаснее для устойчивости субъекта (агента).

Рассмотрим устойчивость *границ субъекта* на примере уровня рефлексии РП1. Мы имеем дело с субъектом-наблюдателем, рефлексивным субъектом, наблюдающим в том числе и себя самого в разнообразии конкретных познавательно-проектных ситуаций. Именно переключение гештальта рассмотрения с объектного полюса (решения реальной Z-задачи) на субъектный (рефлексивные петли) определяет специфику *свободы выбора*. Другими словами, субъекты, осознающие высокий уровень сложности среды, в которой они существуют, достигают состояния *когнитивной циркулярности:* циклическое переключение с когнитивного на метакогнитивный уровень, вызываемое сложностью мира [10]. Подобная циркулярность позволяет найти (рефлексивный) выход в ситуации, когда появляется разрыв в деятельности.

Ситуативный выбор одной из моделей $\{EB_Z(n)\}$ (текущего варианта *идентичности*) означает возможность как осознанного, так и спонтанного переключения модели собственного поведения (это рефлексивная петля РП5). Следовательно, любая идентичность создается динамически, она не является окончательно заданным и устойчивым психическим феноменом [9]. Именно поэтому рефлексия в ходе анализа так сложна. Переход к новой идентичности возможен лишь в том случае, если субъект/агент располагает некоторым запасом психических ресурсов (для преодоления «*защитного пояса*»). Динамика переключения с одной модели на другую может напоминать странный аттрактор (суперхаотический аттрактор) [10]. Другими словами, рефлексивный процесс порождает странный аттрактор – модели мира внутри полного множества идеальных закономерностей. В этом частично заключается пафос «спонтанности сознания».

Пусть мы имеем знания обо всех моделях собственного поведения («ресурса идентичности» или «запаса идентичности») некоторого субъекта/агента, но мы не в состоянии однозначно предсказать точный ход его дальнейшего поведения, поскольку субъект руководствуется каким-то одним вариантом собственного поведения. И что самое важное, в точках выбора одного из вариантов собственного поведения он является принципиально неустойчивым (говоря современным научным языком, пребывает в точках бифуркации) [9], [10].

На этапе решения Z-задачи (когниции) также постоянно осуществляется рефлексия (РП6) в рамках выбранной модели собственного поведения, т.е. выбранной функциональной системы (среды радикалов) [4]. Имеет место конкуренция системо-паттернов – радикалов, что еще более усиливает спонтанность поведения (внутри полного множества закономерностей). Успех выполнения тех или иных групп радикалов позволяет эволюционно сформировать «критические пути».

На рис. 2 приведена итоговая макрокогнитивная модель рефлексивного управления ({СП} – множество моделей собственного поведения). Под Z-задачами понимаются три основные задачи: а) различения: $\alpha(\{\underline{\tau}/T\}, z/Z?)$; б) управления: дано $\alpha(\{\underline{\tau}/T\}, \underline{z}/Z)$, найти $U = \{S\}_U = \{\underline{\tau}/T \rightarrow \underline{\tau}'/T\}$ такое, что $\underline{z}/Z \rightarrow \underline{z}'/Z$; в) комбинированная задача: различение и управление [4]. Возможно отсутствие любых задач на входе, но переживание (метакогнитиция) будет иметь место всегда.

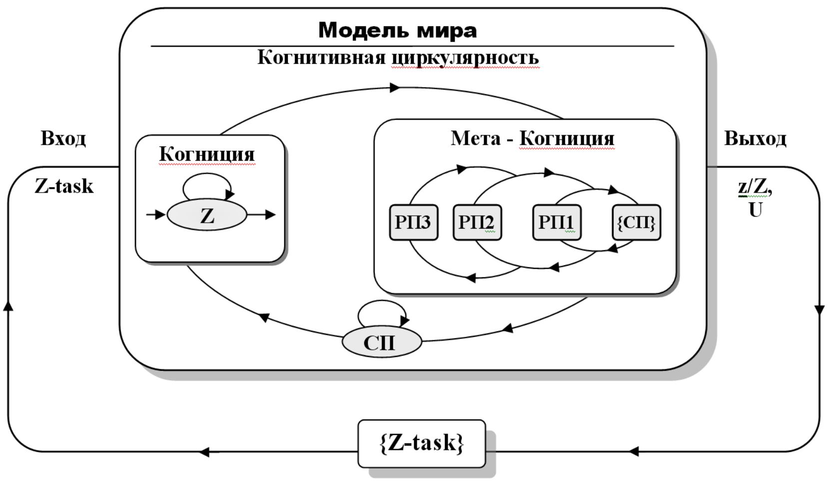


Рисунок 2 – Макрокогнитивная модель рефлексивного управления

Опишем этапы макрорефлексивной петли (РП4):

1) фиксация проблемной ситуации – невозможность найти решение для текущей ситуации действительности;

2) принятие решения о пересмотре модели мира;

3) преодоление защитного пояса старой модели мира (дестабилизирующий эффект рефлексии);

4) запуск метапроцесса расширения (эрозия);

5) реализация метапроцесса расширения;

6) остановка метапроцесса расширения;

7) запуск метапроцесса локализации;

8) достижение неподвижной точки оператора локализации;

9) идентификация новой модели мира;

10) решение проблемной ситуации.

Фаза расширения в РП1 отражает процессуальный механизм *дестабилизации* субъекта/агента в процессе рефлексии (дестабилизации моделей собственного поведения, «моделей мира», опыта) [9-11]. Процесс дестабилизации позволяет провести аналогию между рекурсивными процессами рефлексии и процедурами теории возмущений. Если дестабилизацию в фазе расширения рассматривать как возмущение, то можно выделить процессы трех типов [7], [10]:

а) *норма*: имеющейся энергии (ресурсов) достаточно, чтобы нейтрализовать начальное возмущение, рефлексивный процесс регулярно сходится к «собственному поведению»;

б) *хаос* (*сверхнеопределенность*): имеющейся энергии (ресурсов) недостаточно для фазы локализации, процесс не сходится к «собственному поведению»;

в) *смешанная альтернатива*: так называемый *асимптотический ряд теории возмущений*. Его поведение необычно – на нескольких первых шагах (иногда довольно многочисленных) наблюдается процесс, сходящийся к определенному результату (рефлексивные петли стягиваются), но последующие итерации приводят не к уточнению, а к ухудшению результата, ряд расходится.

Основной причиной хаоса и асимптотического ряда является нехватка структурной энергии. Важным защитным механизмом от подобных явлений служит *блокировка рефлексии* (рис. 1). Возможность блокировки означает наличие *порога индивидуальной рефлексии*, что позволяет говорить о существовании *оптимума рефлексивности* [9-11]. Следствием асимптотического ряда может быть такой феномен, как «*выгорание*»: субъект вынужден пользоваться несистемными обрывками разных моделей мира. Выгорание чаще всего наступает, если субъекта ждет наказание за нерешенную учебную или профессиональную задачу.

Выше была рассмотрена дестабилизация в рамках РП1. Более основательная дестабилизация наступает в результате РП3: весь процесс формирования опыта начинается практически заново. Для РП3 характерны те же три режима, но для завершения рефлексивной петли нужна значительно большая энергия, чем для РП1. Модель деятельности субъекта на основе развиваемого подхода рассмотрена в [6]. Она учитывает возможность параллельного решения множества Z-задач.

Модель взаимодействия. Рефлексивная группа

Макрокогнитивная модель, представленная на рис. 2, показывает, что при стечении неблагоприятных обстоятельств в процессе рефлексии субъект может вполне закономерно, но крайне неожиданно для себя получить патологические феномены вместо саморазвития. Для нарушения своих границ и последующей повторной их демаркации (сборка субъекта в терминах В.Е. Лепского), самому субъекту необходимо располагать достаточным запасом психических ресурсов [9]. При отсутствии такого запаса у субъекта «не хватает сил» и рефлексия приводит к внезапному ухудшению исходного (психологического) состояния. Ясно, что подобное развитие ситуации ухудшает показатели учебной и профессиональной деятельности. Другим немаловажным отрицательным фактором является период формирования опыта решения Z-задач (функциональных систем «$\{S^*\}_{Full\text{-}Min}$ – Среда радикалов»). В зависимости от Z-задачи он может быть достаточно продолжительным (месяцы, годы и даже десятилетия). Формирование опыта напрямую связано с умением выделять параметры порядка развития ситуаций действительности и использовать их в задачах управления. И, наконец, проблемы, связанные с осознанием имплицитного опыта, а также передачей знаний. В разрешении указанных проблем могут помочь когнитивные агенты в случае, если будет образована рефлексивная группа «субъект – агент».

Рефлексивная группа является диалогом двух субъектов-наблюдателей, совместно причастных к осознанию сложности среды (природной и социальной, естественной и искусственной), в которую они погружены. На агента-наблюдателя как коммуникативного посредника в *группе субъекте* возлагается интерсубъективная функция порождения совместно разделяемого смысла, ко-рефлексия смысла, импликация смысла. Таким образом, субъекты-наблюдатели находятся в состоянии осознанной активной конструктивной когнитивной циркулярности [10]. В достаточно общем виде суть подобного диалога-взаимодействия выражается парадигмой VPI – Virtual Partner Interaction [12].

На рис. 3 показана общая схема виртуального взаимодействия в рефлексивной группе «субъект – агент», которая опирается на представленную выше макрокогнитивную модель рефлексивного управления.



Рисунок 3 – Виртуальное взаимодействие партнеров в рефлексивной группе

Основное назначение группы – обеспечение максимальной производительности и функциональной (профессиональной) устойчивости субъекта (примеры – медицина, интеллектуальная авионика). Подобные группы формируют интеллектуальные и рефлексивно-активные среды (примеры – региональная телемедицина, кластеры антропоцентрических объектов).

В рамках общей проблемы интерсубъективной сборки сложностного синергетического группового субъекта одна из задач заключается в преодолении исходной взаимной коммуникативной непрозрачности. Множество совместных контекстов $\cup_Z\{K_Z\}$ позволяет частично преодолеть такую непрозрачность, реализуя экологический подход. Поскольку у реального субъекта-наблюдателя рефлексия, к сожалению, чаще всего остается на очень невысоком уровне, позитивным оказывается любое продвижение, любая попытка рефлексии и осознание ее результата (напомним, что когнитивный процесс самоорганизации имеет горизонт рефлексивных процедур осмысления). Эта задача возлагается на агента-наблюдателя.

Из представленной на рис. 3 схемы следует, что роль агента в группе можно трактовать как когнитивное устройство (рефлексивная машина, «генератор смысла»), оперативно формирующее смысл из воспринимаемых группой внешне хаотических последовательностей наблюдаемых явлений. Свобода индивидуального выбора субъекта в рефлексивной группе сохраняется и заключается в:

а) выборе между рефлексией и стабильностью картины мира;

б) выборе варианта идентичности (собственного поведения);

в) выборе варианта синдромного управления (множество вариантов формируется агентом);

г) информационной инфляции управления (перколяции структурной энергии) [5].

Следовательно, имеется тесная связь свободы индивидуального выбора с устойчивостью группы.

Заключение

Изложенный подход в достаточной степени конструктивен, поскольку позволяет на основе парадигмы предельных обобщений нередукционистски соединить в макрокогнитивной модели мира и поведения те концепции сложности, которые возникли в последние десятилетия в естественных науках, в частности синергетику Г. Хакена, теорию диссипативных структур И. Пригожина, кибернетику второго порядка фон Ферстера, теорию автопоэзиса Варелы, Матураны и Лумана. Сложность понимается как состояние рефлексивной когнитивной цикличности субъекта/агента. Рефлексивный процесс порождает странный аттрактор – модели мира внутри полного множества идеальных закономерностей. Предлагаемая макромодель направлена на понимание как процессуальных, так и результативных аспектов, связанных с процессом самоидентификации субъекта/агента. Показан механизм того, каким образом рефлексия создает угрозу идентичности рефлексирующего субъекта, приводя к его существенной дестабилизации. Для устранения или значительного снижения такой угрозы предлагается формировать рефлексивные виртуальные группы «субъект – когнитивный агент». Подобные группы также радикально сокращают период формирования эксплицитного опыта. Ряд практических ИТ-приложений описан в [4].

Литература

1. Von Foerster H. Principles of self-organization in socio managerial context / H. Von Foerster // Self-organization and management of social system. – Springer Series in Synergetics: Springer-Verlag. – 1984. – Vol. 26.
2. Kauffman L.H. Eigenforms – objects as tokens for eigenbehaviours / L.H. Kauffman // Cybernetics and Human Knowing. – 2003. – Vol. 10, № 3-4. – P. 73-89.
3. Odell J. Agents and Complex Systems / J. Odell // Journal of Object Technology. – 2002. – Vol.1, № 2. – P. 35-45.
4. Прокопчук Ю.А. Принцип предельных обобщений: методология, задачи, приложения : монография / Прокопчук Ю.А. – Днепропетровск : ИТМ НАНУ и НКАУ, 2012. – 384 с.
5. Прокопчук Ю.А. Модели когнитивных архитектур и процессов на основе парадигмы предельных обобщений / Ю.А. Прокопчук // Кибернетика и вычислительная техника. – 2013. – Вып. 171. – С. 37-51.
6. Прокопчук Ю.А. Когнитивная модель деятельности / Ю.А. Прокопчук // Збірник наукових праць «Індуктивне моделювання складних систем». – Київ : МННЦ ІТС НАНУ та МОНУ, 2012. – Вып. 4. – С. 177-188.
7. Прокопчук Ю.А. Модель рефлексивного агента в контуре управления сложным технологическим процессом / Ю.А. Прокопчук // Системні технології : регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 2 (85). – С. 47-54.
8. Bateson G. Mind and Nature: A Necessary Unity / Bateson G. – Toronto : Bantam Books, 1979.
9. Солондаев В.К. Дестабилизация субъекта в процессе рефлексии / В.К. Солондаев // Рефлексивные процессы и управление. – 2011. – Т. 11, № 1-2. – С. 34-45.
10. Arshinov V.I. Cognitive Foundations of Synergetics / V.I. Arshinov, V.G. Budanov // Towards Otherland. Languages of Science and Languages Beyond / [eds. R.E. Zimmerman, V.G. Budanov]. – Kassel : Kasse university press GmbH, 2005. – P.158-188.
11. Lefebvre V.A. The fundamental structure of human refelextion / Lefebvre V.A. – Peter Lang Publ., 1990.
12. J.A. Scott Kelso. Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior (Complex Adaptive Systems) / Scott Kelso J.A. – A Bradford Book, 1995. – 354 p.

Literatura

1. Von Foerster H. Principles of self-organization in socio managerial context // Self-organization and management of social system / Springer Series in Synergetics: Springer-Verlag. - Vol.26. - 1984.
2. Kauffman, L. H. Eigenforms - objects as tokens for eigenbehaviours // Cybernetics and Human Knowing, Volume 10, No. 3-4, 2003. - pp. 73-89.

3. Odell J. Agents and Complex Systems // Journal of Object Technology, vol.1, no. 2, 2002, pp. 35-45.
4. Prokopchuk Y. Principle of Limiting Generalizations: Methodology, Problems, and Applications. Monograph. Dnepropetrovsk, Institute of Technical Mechanics of the NAS and the State Space Agency of Ukraine Publ., 2012. 384 p.
5. Prokopchuk Y. Models of cognitive architectures and processes on the basis of a paradigm of limiting generalizations //Cybernetics and computer engineering, - 2013. - Vol 171 – pp. 37 – 51.
6. Prokopchuk Y. Cognitive model of activity Inductive modeling of complex systems. Kyiv, IRTC ITS NAS and MES of Ukraine Publ., - 2012. - Vol 4. - pp. 177–188.
7. Prokopchuk Y. Model of a reflexive agent in the control loop of a complex engineering process. Dnipropetrovsk, Regional interuniversity compendium of scientific works "System technologies", - 2013. - Vol 2 (85). – pp. 47 – 54.
8. Bateson G. Mind and Nature: A Necessary Unity. - Toronto: Bantam Books, 1979
9. Solondaev V.K. Destabilization of subject in the process of reflection // Reflective processes and management, 2011, no 1–2 (Volume 11), pp. 34–45.
10. Arshinov V.I., Budanov V.G. Cognitive Foundations of Synergetics // Towards Otherland. Languages of Science and Languages Beyond / eds. R.E. Zimmerman, V.G. Budanov. Kassel. Kasse university press GmbH, 2005. - P.158-188;
11. Lefebvre V.A. The fundamental structure of human refelextion. - Peter Lang Publ., 1990.
12. J. A. Scott Kelso. Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior (Complex Adaptive Systems). - A Bradford Book, 1995, 354 p.

RESUME

Y.A. Prokopchuk

World and Cognitive Agent Behavior and Interaction Models

This paper formalizes the complex dialectics of the processsual and resultative aspects of reflection in the course of self-identification of a subject or an agent. The process of self-organization of the limiting knowledge models and functional systems that underlie world and one's own behavior models is described. A macrocognitive model of reflexive control on the basis of a limiting generalization paradigm is constructed. The features of interaction within a reflexive group are described.

It is shown that the reflective process gives rise to a strange attractor – world models inside a full set of ideal regularities. Reflection is shown to threaten the identity of a reflexing subject by appreciably destabilizing him. To eliminate or greatly reduce this threat, it is suggested that reflective virtual groups "subject – cognitive agent" be formed. The cognitive agent takes over the functions of a reflexive machine. Groups of this type offer a far shorter period of explicit experience formation.

Статья поступила в редакцию 23.04.2013.